

## EFFECTOS DE LA LABRANZA CONSERVACIONISTA EN LOS ATRIBUTOS FÍSICOS DEL SUELO QUE INFLUYEN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ

Carlos Ohep<sup>1</sup>, Felipe Marcano<sup>1</sup>, Spiridione Pudzzar<sup>2</sup> y Carlos Colmenárez<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el objeto de estudiar los efectos de diferentes sistemas de labranza conservacionista sobre la densidad aparente, capacidad de aireación y conductividad hidráulica del suelo, así como la densidad radical y los rendimientos del maíz (*Zea mays* L.) en un suelo degradado de la zona maicera del estado Yaracuy, se ejecutó una investigación diseñada en bloques al azar con siete tratamientos, los cuales consistieron en: labranza conservacionista con adición de residuos de gramíneas (*Panicum maximum*) y aplicación de barbecho, canavalia o crotalaria, como cobertura o incorporadas al suelo, y labranza convencional (big-rome más 4 pases de rastra). Los atributos del suelo y la densidad radical se evaluaron a diferentes profundidades a los 56 días de la siembra, y los rendimientos en grano al final del ciclo del cultivo. Los resultados indican que los sistemas de labranza conservacionista y convencional causaron cambios en los atributos físicos del suelo que afectaron la densidad radical y los rendimientos del maíz. Los mejores resultados se lograron con labranza conservacionista donde se utilizaron residuos de gramíneas y leguminosas incorporadas al suelo, y los menos favorables se obtuvieron con labranza convencional, con efectos negativos en todas las variables evaluadas.

**Palabras clave adicionales:** Física de suelos, materia orgánica

### ABSTRACT

#### Effects of conservationist tillage on the physical attributes of soil that influence the yield of corn

In order to study the effects of different conservationist tillage on the bulk density, capacity of air and hydraulic conductivity of the soil as well as the root density and yield of corn (*Zea mays* L.) in the production zone of Yaracuy state, an experiment was conducted with the following seven treatments: conservationist farm with addition of rest of gramineous (*Panicum maximum*) and application of fallow, canavalia or crotalaria, as covering or incorporated to the soil; and conventional farm (big-rome more 4 harrow passes). The attributes of the soil and root density were evaluated at different depths in the soil 56 days after seeding. The yield grain was measured at the end of the cycle of cultivation. The results indicated that the conservation tillage systems and conventional tillage caused changes in the physical attributes of the soil that affected the root density and the yields of the corn. The best results were achieved with conservationist tillage where rest of gramineous and leguminous were incorporated to the soil, and the less beneficial results were obtained with conventional tillage, with negative effects in all the evaluated variables.

**Additional key words:** Soil physics, organic matter, maize

### INTRODUCCIÓN

En la zona maicera del Yaracuy Medio los problemas de degradación física del suelo son importantes, como se han reportado en numerosos trabajos de investigación (Marcano y Ohep, 1987; Páez, 1989; Ohep y Marcano, 1990; Mora, y Mogollón, 1990; Marcano et al., 1992); en estos trabajos se señala a la preparación de suelo como el más importante responsable de este deterioro, debido a que utiliza sólo pases de rastra, muchas veces en condiciones inadecuadas

de humedad, que producen excesiva disgregación en la superficie o provocan compactación en el fondo de la capa labrada, dejando un estrato subsuperficial que dificulta la permeabilidad al agua, el flujo de aire y la penetración de raíces de los cultivos.

Una de las alternativas que se ha probado con buenos resultados es el uso de la labranza conservacionista (LC) que se define como un sistema de labranza que utiliza un mínimo de pases de implementos o cero labranza y deja buena cantidad de residuos como cobertura de la

Recibido: Febrero 21, 2000

Aceptado: Noviembre 29, 2001

<sup>1,3</sup> Dpto. de Química y Suelos, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"

<sup>2</sup> Dpto. de Ciencias Sociales, Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"  
Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela

superficie del suelo, al menos de un 30% (FAO, 1992). Por estas razones protegen al suelo contra el impacto de la gota de lluvia, incrementa el contenido de materia orgánica en la superficie y mantiene o mejora sus condiciones físicas, químicas y biológicas. Todo esto incide positivamente en el desarrollo de las raíces de los cultivos, permite un mayor almacenamiento y permeabilidad de agua, mayor capacidad de aire y aumenta la producción de los mismos (Donahue, 1983).

Lo antes señalado expresa la necesidad de realizar esta investigación que tuvo como objetivo analizar los cambios que ocurren con diferentes métodos de labranza conservacionista en las propiedades físicas del suelo, así como sus incidencias en el cultivo de maíz para seleccionar las alternativas que eviten el deterioro del suelo e incrementen su productividad en función a un uso sustentable de los recursos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características de la parcela experimental

La investigación de campo se realizó durante el año 1997, en el ciclo de lluvia, en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP, localizada en el municipio Peña, distrito Yaritagua del estado Yaracuy, a 10° 05' de latitud Norte y 69° 07' de longitud Oeste y a una altura de 350 msnm.

El clima de la zona presenta una precipitación media anual aproximada de 950 mm, que se produce generalmente entre los meses de mayo a octubre. Las máximas precipitaciones se presentan durante los meses de junio y julio. La evaporación media anual es de aproximadamente 2000 mm, con una temperatura media anual de 24,7 °C, una media mínima de 20,3 y una media máxima de 30,6 °C. La humedad relativa media del aire es de 78%. La radiación promedio diaria es de 442 cal/cm<sup>2</sup>, con una insolación media diaria de 6,4 horas (García y Mogollón, 1991).

La parcela experimental posee un suelo Kanhaplic Haplustalf, franco fino, caolinítico, no ácido, isohipertérmico. Presenta textura franco arcillo arenosa con estructura blocosa subangular, de moderado desarrollo,

permeabilidad moderada, pendientes entre 1 y 2% con ligeras limitaciones por topografía. Presenta evidencias de erosión hídrica laminar y en surco.

### Instalación y conducción del experimento de campo

El experimento de campo se diseñó en bloques al azar con tres repeticiones y los siguientes siete tratamientos

- T1 = LC con barbecho en cobertura más residuos de gramíneas
- T2 = LC con barbecho incorporado más residuos de gramíneas
- T3 = LC con canavalia en cobertura más residuos de gramíneas
- T4 = LC con crotalaria en cobertura más residuos de gramíneas
- T5 = LC con canavalia incorporada más residuos de gramíneas
- T6 = LC con crotalaria incorporada más residuos de gramíneas
- T7 = Labranza convencional (1 pase big-rome + 4 pases de rastra)

Previo a la siembra del maíz se mantuvo el barbecho en las parcelas con los tratamientos T1 y T2, que consistieron en aproximadamente 85% de gramíneas y 15% de plantas de hoja ancha, las cuales al final de su ciclo vegetativo se cortaron con rotativa y se colocaron como cobertura o fueron incorporadas en los primeros 5 cm del suelo por medio de un rotocultor manual. Por otra parte, en las parcelas con los tratamientos T3, T4, T5, y T6 se sembraron las leguminosas crotalaria o canavalia. Antes de los 45 días de la siembra del maíz, en el ciclo de lluvia, se aplicaron a todas las parcelas anteriores (labranza conservacionista) restos vegetales previamente descompuestos de la gramínea *Panicum maximum* a razón de 3 t/ha, esparcidas sobre la superficie del suelo de manera uniforme. Esto aseguró una cobertura mayor a un 30% de la superficie del suelo y cumplir con la condición de cobertura requerida para calificarse como labranza conservacionista. El tratamiento T7 no incluyó siembra de leguminosas, barbechos, ni residuos de gramíneas y utilizó el manejo que normalmente realiza el productor de la zona sin criterios conservacionistas (labranza

convencional). La siembra se realizó la primera semana del mes de junio de 1997, utilizando el híbrido de maíz Ceniap PB-8, en parcelas experimentales de 8 hileras de 10 m de longitud y separadas 96 cm entre ellas. Cada parcela experimental presentó una superficie de 80 m<sup>2</sup>, para un área por repetición de 560 m<sup>2</sup> y un total para el ensayo de 1680 m<sup>2</sup>. Las sembradoras de mínima labranza y convencional se calibraron para obtener una población de 60.000 plantas/ha. La fertilización se realizó con 300 kg/ha de 15-15-15 aplicados a la siembra y se reabonó con 100 kg de nitrógeno/ha fraccionado, 1/3 al momento de la siembra, 1/3 a los 18 días y el resto a los 36 días. Para el control de malezas en los tratamientos de labranza conservacionista se utilizó Glifosato más Atrazina. En el de labranza convencional se utilizó Pendimethalin más Atrazina, los cuales fueron efectivos para evitar la germinación de malezas y las plántulas recién germinadas luego del efecto de los implementos de labranza.

En el suelo se realizaron evaluaciones sobre las variables físicas: densidad aparente, aireación y conductividad hidráulica saturada. Estas se efectuaron a inicios de floración del cultivo (56 días después de la siembra) en dos sitios de cada parcela seleccionados al azar, para obtener un valor promedio por parcela a las profundidades de: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 y 30-40 cm. Las determinaciones se realizaron utilizando las metodologías propuestas por Pla (1983).

Al inicio de la floración (56 días después de la siembra) se evaluó la densidad radical ( $D_r$ ) y al final del ciclo, el rendimiento en grano con 12% de humedad. Para la  $D_r$  se seleccionaron al azar dos plantas por parcela utilizando un toma muestra de 7,5 cm de diámetro a una distancia de 15 cm del eje de la planta. Estas muestras fueron extraídas a las mismas profundidades de las determinaciones para física de suelo. Las raíces se separaron por decantación y tamizados sucesivos, usando tamices de 0,25 mm, para luego secarlas al aire y utilizar la relación  $D_r = \text{Peso seco raíces} / \text{volumen de suelo}$ .

El análisis estadístico de las variables físicas del suelo y las medidas en la planta, se realizó por medio de análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad aparente del suelo

Se detectaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos de labranza para la densidad aparente del suelo entre 5 y 40 cm de profundidad (Cuadro 1). Para la profundidad de 0-5 cm, aunque no encontraron diferencias estadísticas existió la tendencia de que los menores valores ocurrieron con los tratamientos de labranza conservacionista con aplicación de residuos de leguminosas (T3, T4, T5 y T6). El valor más alto se obtuvo con el tratamiento de labranza convencional (T7).

De manera similar, para la profundidad de 5-10 cm se lograron los valores más altos de densidad aparente con los tratamientos T7, T1 y T2. Así mismo, el grupo con los valores más bajos se observó con los tratamientos donde se aplicaron residuos de leguminosas y gramíneas al suelo. Estos resultados se atribuyen en gran parte, al aporte de materia orgánica y posiblemente a los efectos de las raíces de las leguminosas y mayor desarrollo de las raíces del maíz, lo que habría permitido mejoras en las condiciones físicas del suelo. Estas diferencias no se observan en la profundidad de 0-5 cm debido a que los valores de densidad aparente no fueron tan altos como en el resto de las profundidades, sobre todo en el tratamiento T7. Similares resultados fueron presentados por Crovetto (1985) y Juo y Lal (1977), quienes señalan que con el uso de no labranza se producen menores valores en densidad aparente comparados con los obtenidos con labranza convencional.

Para la profundidad de 10-20 cm se presentaron los menores valores en densidad aparente con los tratamientos de labranza conservacionista con leguminosas y aplicación de residuos de gramíneas (T6, T5, T4 y T3), seguidos por los tratamientos de barbecho y residuos de gramíneas (T2 y T1), y con el valor más alto el tratamiento T7 de labranza convencional.

Para la profundidad de 20-30 cm, el tratamiento T7 presentó el valor más alto en densidad aparente seguido por el T3, T4, T2, T1 y T5. El tratamiento T6 mostró el menor valor, debido posiblemente al efecto de la adición de

materia orgánica por medio de las raíces de la crotalaria y maíz. Por el contrario, el mayor efecto de compactación se produjo con el tratamiento de labranza convencional, atribuido a los pases de implemento y a la menor incorporación de materia orgánica por las raíces, debido a los efectos de compactación en las profundidades anteriores que habrían afectado el desarrollo de raíces. Similares resultados fueron reportados por Liebig et al. (1995) quienes indicaron que la rastra compactó en profundidad deteriorando las condiciones físicas del suelo.

En la profundidad de 30-40 cm el mejor resultado lo presentó el tratamiento T6, seguido por el resto de los tratamientos de labranza

conservacionista con aplicación de leguminosas más gramíneas y con el valor más alto para el tratamiento de labranza convencional. Los valores más altos también vienen dados por la mayor compactación que se produjo al implementar el uso de labranza convencional en los estratos superficiales. En los estratos más profundos los valores iniciales de densidad aparente se presentaron altos debido probablemente al horizonte argílico presente en este suelo y a una mayor proporción de fragmentos gruesos presentes en el perfil. Estos valores fueron modificados por las raíces de los cultivos (leguminosas y maíz) en los tratamientos de labranza conservacionista aplicados.

**Cuadro 1.** Resultados de la densidad aparente con los distintos tratamientos a las profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-30 y 30-40 cm.

Profundidad (cm)	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0-5 cm <sup>ns</sup>	1,46	1,46	1,42	1,43	1,41	1,42	1,50
5-10 cm*	1,62ab	1,56bc	1,45cd	1,48cd	1,43c	1,48cd	1,70a
10-20 cm*	1,71ab	1,70ab	1,66bc	1,66bc	1,65bc	1,60c	1,75a
20-30 cm**	1,70ab	1,76ab	1,70ab	1,71ab	1,68b	1,59c	1,78a
30-40 cm*	1,71a	1,70a	1,65b	1,63b	1,62b	1,57c	1,72a

T1: Labranza conservacionista (LC) y barbecho como cobertura + compostaje de gramínea (CG); T2: LC y barbecho incorporado + CG; T3: LC y canavalia como cobertura + CG; T4: LC y crotalaria como cobertura + CG; T5: LC y canavalia incorporada +CG; T6: LC y crotalaria incorporada + CG; T7: Labranza convencional

\*\* : Diferencias estadísticas al 1 %; \* : Diferencias estadísticas al 5 %; <sup>ns</sup> : No significativo

Los tratamientos con una misma letra, en una cada fila, son estadísticamente similares según la prueba de Duncan.

### Capacidad de aireación

Para la profundidad de 0-5 cm los mayores para esta variable se lograron con los tratamientos de labranza conservacionista con aplicación de leguminosas (Cuadro 2). A pesar de que no se presentaron valores limitantes (<10 %) para el desarrollo de las plantas (Vomocil y Flocker, 1965), los resultados menos favorables correspondieron a los tratamientos con labranza convencional y donde se aplicó barbecho como cobertura e incorporado, lo cual se relaciona con los tratamientos que aportaron menor cantidad de residuos vegetales al suelo.

Para la profundidad de 5-10 cm (Cuadro 2), se puede notar que los valores más altos se presentaron con los tratamientos T6, T5, T1, T4, y T3 y T2, y el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento T7. Este último muestra un

porcentaje de capacidad de aire que presenta limitaciones que podrían afectar el crecimiento de las plantas (Vomocil y Flocker, 1965). Al igual que en el caso anterior, los valores más altos de capacidad de aireación coincidieron con los más bajos de densidad aparente. Similares resultados fueron reportados por Ohep (1994), en donde muestra que la materia orgánica que se dejó en la superficie del suelo sin labranza permitió que se alcanzaran los valores más altos en capacidad de aireación. Así mismo, Packer y Hamilton (1987) indican que sin el uso de la labranza se produce un efecto positivo en la estructura de los suelos que se refleja en una mayor capacidad de aireación (macroporosidad).

Con respecto a la profundidad de 10-20, 20-30 y 30-40 cm (Cuadro 2), los mayores valores se presentaron en los tratamientos donde se

aplicó labranza conservacionista y residuos de leguminosas y gramíneas, seguidas de aplicación con barbecho y con los valores más bajos en el tratamiento T7 de labranza convencional, en el cual ocurrió compactación por la acción de la rastra sobre todo en las primeras profundidades, y no fue beneficiado por la acción de las raíces de las leguminosas que penetran en estratos profundos y mejoran las condiciones físicas

(Herrera, 1991; Da Costa et al., 1993). En este sentido, Liebig et al. (1995) reportan que la labranza convencional puede ocasionar reducción de la macroporosidad, así como el deterioro del resto de las condiciones físicas del suelo. Esta condición de baja capacidad de aire puede afectar seriamente los rendimientos de los cultivos, como lo señalan Mora y Mogollón (1990).

**Cuadro 2.** Resultado de capacidad de aireación (macroporos) con los tratamientos, a las profundidades de 0-5; 5-10; 10-20; 20-30 y 30-40 cm.

Profundidad (cm)	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0-5 *	12,02 bc	12,40 bc	13,71 ab	13,42 abc	12,73 bc	14,73 a	11,56 c
5-10**	11,75 ab	10,45 bc	11,63 ab	11,74 ab	12,13 ab	12,79 a	8,04 c
10-20**	9,09 b	9,91 ab	9,73 ab	9,83 ab	9,98 ab	10,34 a	7,85 c
20-30**	8,16 bc	7,65 c	9,12 ab	10,01 a	9,90 a	10,03 a	6,85 c
30-40**	9,08 a	9,54 a	9,44 a	9,94 a	10,19 a	10,27 a	7,82 b

T1: Labranza conservacionista (LC) y barbecho como cobertura + compostaje de gramínea (CG); T2: LC y barbecho incorporado + CG; T3: LC y canavalia como cobertura + CG ; T4: LC y crotalaria como cobertura + CG; T5: LC y canavalia incorporada +CG; T6: LC y crotalaria incorporada + CG; T7: Labranza convencional

\*\* : Diferencias estadísticas al 1 %; \* : Diferencias estadísticas al 5 %.

Los tratamientos con una misma letra, en cada fila, son estadísticamente similares según la prueba de Duncan.

En la mayoría de los casos para las diferentes profundidades de muestreo, los mejores resultados se lograron con los tratamientos en donde se incorporó el material vegetal en el suelo, en comparación con el aplicado como cobertura.

Al igual que en densidad aparente, se observa en el Cuadro 2 que se presenta una reducción de los valores de capacidad de aire en profundidad, debida posiblemente a los efectos de las labranzas anteriores al experimento y a la presencia del horizonte argílico presente en esta unidad de suelo, después de los 10 cm de profundidad. Así mismo, se debe considerar la posibilidad de los efectos de las raíces de las leguminosas sembradas previo al cultivo principal, así como al efecto de las raíces del maíz en las diferentes profundidades, la cual presentó mayor densidad en los tratamientos donde se utilizó la labranza conservacionista.

### Conductividad hidráulica

Para la profundidad de 0-5 cm, los mayores valores en conductividad hidráulica saturada lo presentaron los tratamientos T3, T4, T5 y T6, seguidos por los tratamientos T2, T1 y T7, con

valores menores. Como en los casos anteriores, estos resultados se atribuyen al efecto positivo de los aportes de materia orgánica con los tratamientos de crotalaria y canavalia aplicados como cobertura e incorporados, más los residuos de gramínea, que permitieron las mejoras en las condiciones físicas del suelo. De manera similar, lo reporta Ohep (1994), quien indica que la no labranza deja en la superficie del suelo mayor cantidad de residuos vegetales que incrementan la conductividad hidráulica del suelo.

Para la profundidad de 5-10 cm (Cuadro 3), la mayor conductividad se encontró en los tratamientos T6, T4, T2, T1, T3 y T5, y la menor se produjo en el tratamiento T7 con un valor de 0,72 cm/h, el cual está cerca del valor limitante para el crecimiento de las plantas señalado por Pla (1983) de 0,5 cm/h. Estos resultados se corresponden con los obtenidos para la densidad aparente y capacidad de aire a esta profundidad, donde se observa que los valores más bajos en densidad aparente coinciden con los más altos en capacidad de aire y los mayores en conductividad hidráulica. Similares resultados fueron reportados por Ohep (1994).

Con respecto a las profundidades de 10-20, 20-30 y 30-40 cm, se observa así mismo que los valores con una mayor conductividad hidráulica lo representan las medias de los tratamientos donde se utilizó labranza conservacionista (Cuadro 3); por el contrario el tratamiento T7 mostró valores cercanos al

valor crítico señalado por Pla (1983), o incluso inferiores a éste en las profundidades de 20 a 40 cm.

Similares resultados fueron señalados por Soane et al. (1981) y Kayombo y Lal (1986), los cuales reportan que la labranza convencional reduce la conductividad hidráulica en el suelo.

**Cuadro 3.** Resultado de los valores en conductividad hidráulica, con los tratamiento, a las diferentes profundidades de muestreo.

Profundidades (cm)	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0-5 **	2,50 b	2,57 b	4,90 a	4,79 a	4,64 a	4,49 a	1,49 b
5-10 **	2,35 a	2,36 a	2,31 a	2,41 a	2,26 a	2,67 a	0,72 b
10-20 **	1,15 bc	1,44 ab	1,27 bc	1,39 ab	1,89 ab	2,12 a	0,57 c
20-30 **	1,14 a	1,12 a	1,24 a	1,21 a	1,41 a	1,55 a	0,40 b
30-40*	0,67 bc	0,61 bc	0,82 ab	0,87 ab	0,95 ab	1,05 a	0,36 c

T1: Labranza conservacionista (LC) y barbecho como cobertura + compostaje de gramínea (CG); T2: LC y barbecho incorporado + CG; T3: LC y canavalia como cobertura + CG ; T4: LC y crotalaria como cobertura + CG; T5: LC y canavalia incorporada +CG; T6: LC y crotalaria incorporada + CG; T7: Labranza convencional

\*\* : Diferencias estadísticas al 1 %; \* : Diferencias estadísticas al 5 %.

Los tratamientos con una misma letra en cada fila son estadísticamente similares según la prueba de Duncan.

### Densidad radical del cultivo

Los mayores valores en densidad radical, para las profundidades entre 0 y 30 cm, se obtuvieron con los tratamientos donde se utilizó la labranza conservacionista (Cuadro 4). Estos se corresponden con los obtenidos en las evaluaciones de las propiedades físicas del suelo, es decir, que en aquellos casos donde hubo mejoras de las condiciones físicas del suelo y se aplicó mayor cantidad de residuos orgánicos en superficie se encontraron los mayores valores de densidad radical. Similares resultados presentaron Soane et al. (1981), Kayombo y Lal (1986) y Ohep (1994), quienes indican que el desarrollo de las raíces depende en gran parte del estado en que se encuentren las

condiciones físicas del suelo que influyen en la relación agua-aire y afectan la resistencia a la penetración de las raíces. De la misma manera, Steen y Hakansson (1987) reportan que el desarrollo de las raíces está relacionado con las condiciones físicas del suelo mientras que Herrera (1991) indica que la compactación producida por la rastra afecta las condiciones físicas y limita al desarrollo de las raíces. Además, los efectos de compactación que realizó la rastra en los primeros estratos del suelo, presentando a las raíces mayor restricción con el tratamiento de labranza convencional que con los tratamientos de labranza conservacionista, posiblemente influyeron en el crecimiento y la densidad de las mismas.

**Cuadro 4.** Densidad radical para los distintos tratamientos de labranza a varias profundidades de muestreo.

Profundidades (cm)	Tratamientos						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
0-5 **	516,61 b	665,88 ab	808,26 ab	807,91 ab	1029,32 a	1124,27 a	410,15 b
5-10*	355,61 b	460,25 b	612,11 a	573,07 ab	650,05 a	764,61 a	359,24 b
10-20**	244,81 b	294,14 b	433,11 ab	429,14 ab	455,76 ab	654,26 a	237,61 b
20-30*	114,04 b	146,99 b	306,44 ab	288,17 ab	308,76 ab	414,56 a	92,70 b
30-40 <sup>ns</sup>	74,06	97,59	148,88	123,57	141,64	229,63	59,17

T1: Labranza conservacionista (LC) y barbecho como cobertura + compostaje de gramínea (CG); T2: LC y barbecho incorporado + CG; T3: LC y canavalia como cobertura + CG ; T4: LC y crotalaria como cobertura + CG; T5: LC y canavalia incorporada +CG; T6: LC y crotalaria incorporada + CG; T7: Labranza convencional

\*\* : Diferencias estadísticas al 1 %; \* : Diferencias estadísticas al 5 %; <sup>ns</sup>: No significativo

Los tratamientos con una misma letra en cada fila son estadísticamente similares según la prueba de Duncan.

Para la profundidad de 30-40 cm, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas (Cuadro 4) posiblemente debido a que los tratamientos tuvieron una menor influencia en el desarrollo de las raíces del cultivo a esta profundidad, ya que las condiciones son menos favorables para su crecimiento, atribuido a la compactación que presenta el horizonte argílico característico de este suelo del orden de los Alfisoles.

### Rendimiento en grano del cultivo

El mejor rendimiento del cultivo del maíz lo presentó el tratamiento T6, con un valor de 7.544,4 kg/ha, seguido por los tratamientos T5, T3 y T4, con valores en rendimiento en grano de 6.095,5; 5.885,0 y 5.173,5 kg/ha, respectivamente, y por los tratamientos T1 y T2, con valores de 4.431,6 y 4.329,0 kg/ha, respectivamente. El rendimiento más bajo se presentó con el tratamiento T7, con un valor de 3.948,1 kg/ha. Estos resultados, al igual que los anteriores, muestran una correspondencia con las evaluaciones físicas del suelo y con la densidad radical de la planta. Así mismo,

indican que donde se utilizó labranza conservacionista con siembra previa de leguminosa y aplicación de sus residuos incorporados, se obtuvieron los mejores resultados en la mayoría de las determinaciones realizadas, lo que incidió positivamente en los rendimientos del cultivo. Estos resultados fueron seguidos por los mismos tratamientos aplicados como cobertura, aunque no en general para todas las variables evaluadas y le siguieron en orden decreciente el barbecho, sin mostrar una tendencia definida entre incorporado o como cobertura, y por último, el tratamiento de labranza convencional, que mostró los valores menos ventajosos para los rendimientos del cultivo. Estos resultados también han podido ser influenciados por el incremento en contenido de nitrógeno aportado por las raíces de las leguminosas, lo cual no fue evaluado. Varios investigadores han reportado que con el uso de la no-labranza se logran similares o mejores rendimientos en grano del cultivo cuando se compara con labranza convencional (Marcano y Ohep, 1990; Mora y Mogollón, 1990; Peña, 1996).

**Cuadro 5.** Rendimiento en grano del cultivo, con los distintos tratamiento de labranza.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Rendimientos del cultivo (kg/ha) **	4329,0 cd	4431,6 cd	5885,0 b	5173,5 bc	6095,5 b	7544,4 a	3948,1 d

T1: Labranza conservacionista (LC) y barbecho como cobertura + compostaje de gramínea (CG); T2: LC y barbecho incorporado + CG; T3: LC y canavalia como cobertura + CG ; T4: LC y crotalaria como cobertura + CG; T5: LC y canavalia incorporada +CG; T6: LC y crotalaria incorporada + CG; T7: Labranza convencional

\*\* : Diferencias estadísticas al 1 % ; \* : Diferencias estadísticas al 5 %.

Los tratamientos con una misma letra son estadísticamente similares según la prueba de Duncan.

## CONCLUSIONES

Los sistemas de labranza conservacionista y convencional causaron cambios en los atributos físicos del suelo que afectaron la producción del cultivo de maíz. La labranza conservacionista con aplicación de residuos vegetales, produjo modificaciones importantes, disminuyendo los valores de densidad aparente e incrementando la capacidad de aireación y la conductividad hidráulica del suelo.

Los efectos producidos por los sistemas de labranza conservacionista con aplicación de residuos vegetales fueron más efectivos en los primeros estratos superficiales del suelo, en

donde la materia orgánica está presente en mayor cantidad. Por el contrario, a mayor profundidad estos sistemas de manejo produjeron cambios de poca magnitud.

Los mejores resultados en los cambios producidos por los tratamientos de labranza sobre las condiciones físicas del suelo y en el desarrollo radical y rendimiento del cultivo se lograron en el siguiente orden: crotalaria incorporada más aplicación residuos de gramíneas, canavalia incorporada más gramíneas, crotalaria y canavalia como cobertura más aplicación de gramíneas, barbecho incorporado y como cobertura más aplicación de gramíneas y por último, la labranza

convencional.

La labranza convencional produjo efectos adversos en los atributos físicos del suelo. El efecto de la rastra de disco provocó compactación, incidiendo en la densidad aparente, capacidad de aireación y conductividad hidráulica.

La densidad radical y el rendimiento del cultivo fueron afectados por los sistemas de labranza. Estos cambios guardaron una estrecha relación con las variaciones presentadas en los atributos físicos del suelo.

### LITERATURA CITADA

1. Adeoye, K. B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil and on yield of maize, sorghum y cotton. *Soil Tillage Research* 2:225-231.
2. Crovetto, C. 1985. Non Tillage an extraordinary option pro cereal crops in severely eroded soils. IV International Conference on Soil Conservation. Maracay, Venezuela. pp. 461-472.
3. Da Costa, M. B., A. Calegri, A. Mondardo, E. Bulisani, L. Wildner, P. Alcántara, S. Miyasaka y T. Amado. 1993. Adução Verde no Sul do Brasil. AS-PTA Río Janeiro, Brasil.
4. Donahue, R. L.; R. W. Miller y J. C. Shickluna. 1983. *Soil, An Introduction to Soil y Plant Growth*. Prentice Hall. Inc. Englewood cliffs. New-Jersey.
5. FAO. 1992. Manual de la labranza para América Latina. Boletín de Suelos de la FAO 66. FAO. Roma. 192 p.
6. García, L. R. e I. Mogollón, M. 1991. Treinta y cinco años de información meteorológica de la Estación Experimental Yaracuy-Venezuela. FONAIAP. Estación Experimental Yaracuy. Serie C, N° 36. 32 p.
7. Herrera, P., E. Amezquita, L. Guerrero y L. Restrepo. 1991. Efecto de la labranza en algunas propiedades físicas de un suelo andico. *Suelos Ecuatoriales* 21(1):68-75.
8. Hughes, H. A. 1980. *Conservation Farming*. John Deere and Company. Moline, Illinois. 150 p.
9. Juo, A. S. y R. Lal. 1977. The effect of fallow and continuos cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in Western Nigeria. *Plant and Soil* 47: 567-584.
10. Kayombo, Bl. y R. Lal. 1986. Effects of soil compaction by rolling on soil structure and development of maize in no-till and disc. ploughing systems on tropical Alfisol. *Soil Tillage Research* 7:117-134.
11. Liebig, M. A.; A. J. Jones; J. W. Doran; y L. N. Mielke. 1995. Potential soil respiration and relationship to soil properties in ridge tillage. *Soil Science Society of America J.* 59(5): 1430-1435.
12. Marcano, F. y C. Ohep. 1987. Efecto de la Labranza, fuente y dosis de nitrógeno sobre algunas características físicas del suelo y desarrollo radical del maíz, en un Oxic Haplustalfs del Yaracuy Medio. XII Jornadas Agronómicas. SVIA. Maracay, Venezuela. Resúmenes p.13.
13. Marcano F. y C. Ohep. 1990. Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a tres prácticas de labranza, dos fuentes nitrogenadas y tres formas de aplicación de nitrógeno. XIV Reunión de Maiceros de la Zona Andina. I Reunión Suramericana de Maiceros. FONAIAP-CIMMYT. Maracay, Venezuela.
14. Marcano, F. R. 1992. Efecto de tres prácticas de labranza sobre algunas características físicas del suelo y del nitrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un suelo Oxic Haplustalf. Trabajo de ascenso. UCLA, Decanato de Agronomía. 120 p.
15. Mora, O. y I., Mogollon. 1990. Resultados preliminares de las actividades de labranza en el cultivo maíz realizadas en el Valle Medio del Yaracuy. XIV Reunión de Maiceros de la Zona Andina. I Reunión



- Suramericana de Maiceros. FONAIAP-CIMMYT. Maracay, Venezuela.
16. Ohep, C. y F. Marcano. 1990. Efecto de la labranza tradicional y conservacionista sobre algunas propiedades físicas del suelo y su incidencia sobre el desarrollo de la planta de maíz, en el Yaracuy Medio. III Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola. AVIA-UNELLEZ, San Carlos, Venezuela.
17. Ohep, C. A. 1994. Influencia de la labranza en algunas características físicas en un suelo de la serie Uribeque del Yaracuy Medio y sus incidencias sobre el crecimiento y producción del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Trabajo de Ascenso. UCLA, Decanato de Agronomía. 105 p.
18. Packer, I. J. y G. J. Hamilton. 1987. Changes in soil physical properties due to tillage over seven years. Effects of Management Practices on Soil Physical Properties. Proceedings of National Workshop. Toowoomba, Queensland, Brisbane. pp. 65-68.
19. Páez, M. 1989. Riesgos de erosión hídrica y alternativas de conservación en las tierras agrícolas del Valle Medio del Río Yaracuy.
- Revista de la Facultad de Agronomía. UCV-Maracay. Alcance 37: 113-136.
20. Peña. L. 1996. Evaluación de sistemas de labranza en rotación maíz (*Zea mays* L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.). III Jornada Científica en Maíz. Memorias. Araure, Venezuela. pp. 43-44.
21. Pla Sentis, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Revista de la Facultad de Agronomía, UCV. Alcance 32. 91 p.
22. Soane, B. D., P. S. Blackwell; J. W. Dickson y D. J. Painter. 1981. Compaction by agricultural vehicles: a review. I. Soil and Wheel Characteristics. Soil Tillage Research 1:207-237.
23. Steen, E. y I. Hakansson. 1987. Use of in-growth soil cores in mesh bags for study of relations between soil compaction and root growth. Soil Tillage Research 10: 363-371.
24. Vomocil, J. A. y W. J. Flocker. 1965. Degradation of the structure of yolo loam by compaction. Soil Sci. Am. Proc., 29: 7-12.